

ESTUDO E APLICAÇÃO DO CONCRETO BRANCO POLIDO PARA PISO

Magno Dourado Batista¹
Jorge Danilo Ferreira Dourado¹

RESUMO

O Concreto Branco Polido possui como parte fundamental para sua execução o Cimento Portland Branco Estrutural, esse que será objeto de estudo para esse artigo, por se tratar de um cimento que acabou não reagindo a princípio conforme o esperado em uma concretagem no Lago Sul/DF. Por ser um sistema construtivo que ainda não é difundido no Brasil, encontra-se uma deficiência de pesquisas para o concreto branco, principalmente quando relacionado ao tempo de trabalhabilidade e resistência do concreto. Assim este trabalho tem como objetivo avaliar a consistência, determinação do tempo de pega do cimento branco e a resistência à compressão, analisando juntamente as características estéticas do concreto produzido com este cimento branco. Para fins comparativos, foram utilizados três cimentos brancos com datas de fabricação diferentes, e dois cimentos cinzas. Outras variáveis investigadas foram a relação a/c e adição de aditivos, na tentativa de aumentar o tempo da trabalhabilidade do concreto.

Palavras-chave: Concreto Branco Polido; Cimento Portland Branco; Trabalhabilidade do Concreto Branco.

STUDY AND APPLICATION OF POLISHED WHITE CONCRETE FOR FLOOR

ABSTRACT

The Polished White Concrete has a fundamental part to its execution the White Portland Cement Structural, this will be the object of study for this article, because it is a concrete which did not react at first as expected in a concreting in Lago Sul / DF. Because it is a building system that is not yet widespread in Brazil, is a research deficiency for white concrete, especially when related to the time of workability and strength of concrete. So this study aims to evaluate the consistency, determining the cement setting time and compressive strength, analyzing along the concrete aesthetic features produced with this white cement. For comparative purposes, three white cements were used with different manufacturing dates, and two gray cements. Other variables were the ratio water / cement and adding additives in an attempt to increase the time of the concrete workability.

Keywords: Polished White Concrete; White Portland Cement; Workability of White Concrete.

¹ Engenheiro Civil pela Universidade Paulista campus Brasília

INTRODUÇÃO

Os pisos de concreto polido apresentam ampla aplicabilidade por ter o poder de se moldar a qualquer formato, uma boa diversidade de uso, boa resistência mecânica, baixa manutenção e ótima durabilidade. Além disso, tem como opção utilizá-lo como um revestimento para acabamento econômico, quando o comparamos a outros sistemas de revestimento de piso de alto padrão. Contudo, é necessário sempre cuidados com o estudo para a sua aplicação visando um melhor desempenho, onde os conhecimentos técnicos, a mão de obra especializada e os equipamentos adequados, são algumas das características indispensáveis.

Outra virtude desse método construtivo é a escolha com relação à coloração nos pisos de concreto, através da adição de corantes ou da utilização de outros tipos de cimentos. O Cimento Portland Branco Estrutural (CPB) é um exemplo dos variados tipos existentes, onde possui uma coloração branca que visa atingir padrões estéticos e arquitetônicos diferenciados em uma estrutura de concreto, como os pisos em Concreto Branco Polido. O concreto com o CPB é formado praticamente pelos mesmos materiais de um concreto convencional de usina, como a areia, areia artificial, água e aditivos, mas substitui o cimento cinza utilizado: Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CPV ARI) ou o Cimento Portland Composto com Fíler (CPII F), pelo o CPB.

Segundo Bensted (1987) existe uma diferença essencial entre o cimento Portland branco e o cimento Portland comum é o baixo teor de ferro aluminato tetracálcico (C_4AF) no primeiro, como consequência do seu reduzido teor de óxido de ferro. Além disso, o cimento Portland branco frequentemente apresenta baixíssima percentagem de álcalis, pois estes são volatilizados em razão da elevada temperatura de queima. Gobbo, Cincotto e Quarcioni (2007) salientam que os principais constituintes do cimento Portland branco são a alita, a belita e o C_3A , e as adições mais usadas são calcita, o sulfata de cálcio e a escória de alto-forno.

O cimento branco é fabricado com matérias-primas contendo muito pouco óxido de ferro (menos de 0,3% de massa do clínquer) e óxido manganês. No forno, usa-se óleo ou gás para evitar contaminação pelas cinzas do carvão. Com o ferro age como um fundente na clínquerização, na sua ausência, necessita-se de temperaturas mais altas (até 1650 °C) (NEVILLE, 1997). A moagem existe o emprego de seixos ou metais claros no lugar das convencionais bolas de aço. As paredes do moinho também precisam ser revestidas, usando-se revestimento de pedra ou cerâmica. O maior custo de moagem

somado à necessidade de seleção das matérias primas resulta em um preço do cimento Portland branco cerca três vezes maior que o convencional cimento cinza (MEHTA; MONTEIRO, 2008)

Apesar do Concreto Branco Polido possuir um custo relativamente alto, ele consegue ser um pouco mais econômico do que, por exemplo, pisos com acabamento em Granitos ou Porcelanatos de grandes dimensões, ou seja, é uma boa opção para quem pensa em um acabamento de alto padrão diferenciado dos demais. Esse tipo de piso é encontrado em pouquíssimas lojas em Brasília/DF, e o piso de uma delas serviu como inspiração para que o dono de uma construtora aderisse à ideia de executar esse tipo de concreto polido na sala de sua residência, que está em construção no Lago Sul/DF.

A partir dos acontecimentos ocorridos na primeira concretagem, que não foram satisfatórios, pois o Concreto Branco ao chegar ao local, não tinha condições de aplicação uma vez que sua trabalhabilidade era pouca e estava entrando em pega. O intervalo de tempo, entre a dosagem do caminhão betoneira até a chegada à obra, foi de 100 minutos, mas de acordo com a NBR 7212/2012 o período máximo para lançamento do concreto é de 150 minutos, o que não foi possível. Por esse motivo, a concretagem teve que ser suspensa e o lote de cimento utilizado, CPB 40 (Fabricação: 05/12/14), foi trocado por um lote mais recente, o CPB 40 (Fabricação: 01/01/15).

Devido ao comportamento inesperado com o Concreto Branco Polido na residência do Lago Sul/DF, esse artigo tem como finalidade buscar informações do que aconteceu de errado, e qual a solução para nova concretagem sem complicações. Isso será possível através de testes que foram realizados e pesquisas relacionadas ao Cimento Portland Branco Estrutural (CPB 40), visando uma boa fundamentação e êxito para que o piso de Concreto Branco Polido consiga ser feito e atender à estética desejada pelo dono da residência.

MATERIAL E MÉTODOS

Este item apresenta as metodologias aplicadas para a caracterização e classificação dos materiais para elaboração desse artigo. Os experimentos foram realizados no laboratório Construção Civil da Universidade Católica de Brasília.

2.1 Materiais e Equipamentos

Os materiais e equipamentos utilizados neste trabalho foram:

2.1.1 Materiais

- Aditivo Plastificante Polifuncional Redutor de Água (*SPX 829*);
- Aditivo Retardador de Pega (*Recover*);
- Água;
- Areia Artificial de origem Calcária, Módulo de Finura 2,75 mm;
- Areia de Rio Fina, Módulo de Finura 1,15 mm;
- Brita nº 0;
- Cimento CPB 40 (Data de Fabricação: 16/10/2014);
- Cimento CPB 40 (Data de Fabricação: 05/12/2014);
- Cimento CPB 40 (Data de Fabricação: 01/01/2015);
- Cimento CII F 40;
- Cimento CPV ARI.

2.1.2 Equipamentos

- Alisadora de Concreto e Piso;
- Aparelho de Vicat;
- Argamassadeira Mecânica;
- Balança de Precisão 0,01 g;
- Balança com Capacidade para 30 Kg;
- Betoneira com capacidade para 120 Litros;
- Caminhão Betoneira;
- Forma para Corpo de Prova;
- Molde Tronco Cônico;
- Prensa Hidráulica de 100 Toneladas;
- Tanque de Cura, Temperatura $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Métodos

Os métodos utilizados nessa pesquisa foram realizados, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que possuem como objeto especificar os parâmetros para a realização de ensaios neste estudo.

Considerações Iniciais

O traço e materiais foram escolhidos pela concreteira, a ser utilizados no concreto, procurando garantir a coloração branca do concreto já que os agregados ocupam mais da metade do volume do concreto. A placa moldada pela concreteira atendeu a coloração e os parâmetros de tonalidade, conforme solicitado pelo cliente.

Após a escolha do traço de concreto para a aplicação do piso, este foi dosado e encaminhado para a obra. Após 100 minutos da dosagem, chegou ao local, mas o concreto já não tinha condições de aplicação, pois estava em início de pega, perdendo assim todo o caminhão de concreto. Reportou-se o fato à concreteira, notou-se então o problema com o CPB 40 (Fabricação 05/12/14), no qual estava fora do prazo que a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) recomenda.

Foi pedido um cimento com data de fabricação dentro dos parâmetros da ABCP, inferior a 90 dias, o que não foi viabilizado pela cimenteira por não ter em estoque. O cimento mais novo adquirido foi com data de fabricação 01/01/15, ou seja, aproximadamente 240 dias com relação aos dias dos experimentos. A escassez desse cimento em lotes novos se deve a produção do clínquer do CPB, ser importado, dificultando assim sua produção, e também sua baixa rotatividade nas lojas brasileiras, representando apenas 0,3 % das vendas no Brasil. A partir daí iniciou a pesquisa com o CPB 40 para aplicação na obra.

Para fins comparativos, foram utilizados dois CPB (lotes de datas 05/12/14 e 01/01/15) e dois cimentos Portland cinzas (CPII F 40 e CPV ARI) que são os mais utilizados em concreteiras em Brasília, para os ensaios de *Slump*, a fim de testar a trabalhabilidade e resistência do concreto. Também será realizada uma análise laboratorial sobre os cimentos, onde avaliaremos o experimento de “Início e Fim e Pega” de cinco tipos de cimentos, incluindo mais um CPB 40 com data de fabricação 16/10/14, para melhor diagnóstico do ocorrido.

Ensaio com utilização da Betoneira

O preparo dos concretos com Cimentos Portland será executado de acordo com a NBR 12655/2015, adicionando na betoneira, respectivamente: a brita nº 0, areia

artificial, cimento, areia de rio, água e aditivos. Os traços dos concretos foram baseados no ET 67 (Parâmetros de Dosagem do Concreto), procurando um melhor traço para a consistência e resistência do concreto.

Para o Traço 01, mostrado na Tabela 2.1, será utilizado a mesma dosagem padrão do concreto que foi utilizado na primeira concretagem, de maneira que mantivesse a consistência e coloração.

Tabela 2.1 – Traço de concreto moldado com CPB 40 com data de fabricação 01/01/15.

| TRAÇO 01 – CBP 40 (01/01/2015) | | | | |
|---------------------------------------|--------------|------------------------------|------------------------|------------|
| Fck: 30 MPa | | Vol de Concreto: 35 L | | |
| Descrição | Qtde. | Un. | Qtde. Corrigida | Un. |
| Aditivo Polifuncional | 100,80 | g | 100,80 | g |
| Aditivo Retardador (Recover) | 0,00 | g | 0,00 | g |
| Água | 6,786 | Kg | 5,811 | Kg |
| Areia Artificial | 16,231 | Kg | 16,556 | Kg |
| Areia de Rio | 16,231 | Kg | 16,880 | Kg |
| Brita nº 0 | 30,793 | Kg | 30,793 | Kg |
| CPB 40 (01/01/2015) | 10,50 | Kg | 10,50 | Kg |

Para o Traço 02, será utilizado o CPB 40 com data de fabricação 01/01/15, com adição do retardador. Como mostra na Tabela 2.2:

Tabela 2.2 – Traço de concreto moldado com CPB 40 com data de fabricação 01/01/15, com adição de retardador.

| TRAÇO 02 – CBP 40 (01/01/2015 Com Retardador) | | | | |
|--|--------------|------------------------------|------------------------|------------|
| Fck: 30 MPa | | Vol de Concreto: 35 L | | |
| Descrição | Qtde. | Un. | Qtde. Corrigida | Un. |
| Aditivo Polifuncional | 100,80 | g | 100,80 | g |
| Aditivo Retardador (Recover) | 15,75 | g | 15,75 | g |
| Água | 6,786 | Kg | 5,811 | Kg |
| Areia Artificial | 16,231 | Kg | 16,556 | Kg |
| Areia de Rio | 16,231 | Kg | 16,880 | Kg |
| Brita nº 0 | 30,793 | Kg | 30,793 | Kg |
| CPB 40 (01/01/2015) | 10,50 | Kg | 10,50 | Kg |

O Traço 03 será dosado para uma resistência de 20 MPa, ou seja, uma relação água/cimento maior, na intenção de deixar o concreto mais fluído e diminuir o consumo de cimento. Terá também como adição, o retardador de pega. Como mostra na Tabela 2.3 abaixo:

Tabela 2.3 – Traço de concreto moldado com CPB 40 com data de fabricação 01/01/15, com adição de retardador. Resistência do concreto 20 MPa.

| TRAÇO 03 – CBP 40 (01/01/2015 Com Retardador) | | | | |
|--|--------------|------------------------------|------------------------|------------|
| Fck: 30 MPa | | Vol de Concreto: 35 L | | |
| Descrição | Qtde. | Un. | Qtde. Corrigida | Un. |
| Aditivo Polifuncional | 87,36 | g | 87,36 | g |

| | | | | |
|------------------------------|--------|----|--------|----|
| Aditivo Retardador (Recover) | 13,65 | g | 13,65 | g |
| Água | 6,650 | Kg | 5,632 | Kg |
| Areia Artificial | 16,975 | Kg | 17,315 | Kg |
| Areia de Rio | 16,075 | Kg | 17,654 | Kg |
| Brita nº 0 | 30,835 | Kg | 30,835 | Kg |
| CPB 40 (01/01/2015) | 9,10 | Kg | 9,10 | Kg |

Para o Traço 04, será reproduzida a dosagem da primeira concretagem, a fim de ter dados mais precisos para comparação, conforme apresentado na Tabela 2.4:

Tabela 2.4 – Traço de concreto moldado com CPB 40 com data de fabricação 05/12/14.

| TRAÇO 04 – CBP 40 (04/12/2014 Com Retardador) | | | | |
|--|--------------|------------------------------|------------------------|------------|
| Fck: 30 MPa | | Vol de Concreto: 35 L | | |
| Descrição | Qtde. | Un. | Qtde. Corrigida | Un. |
| Aditivo Polifuncional | 100,80 | g | 100,80 | g |
| Aditivo Retardador (Recover) | 0,00 | g | 0,00 | g |
| Água | 6,786 | Kg | 5,811 | Kg |
| Areia Artificial | 16,231 | Kg | 16,556 | Kg |
| Areia de Rio | 16,231 | Kg | 16,880 | Kg |
| Brita nº 0 | 30,793 | Kg | 30,793 | Kg |
| CPB 40 (01/01/2015) | 10,50 | Kg | 10,50 | Kg |

Na Tabela 2.5, tem-se o Traço 05 com o concreto sendo dosado igual aos Traços 01 e 04, mais com a substituição do CPB 40 pelo CPII F 40.

Tabela 2.5 – Traço de Concreto moldado com cimento CPII F 40.

| TRAÇO 05 – CPII F 40 | | | | |
|------------------------------|--------------|------------------------------|------------------------|------------|
| Fck: 30 MPa | | Vol de Concreto: 35 L | | |
| Descrição | Qtde. | Un. | Qtde. Corrigida | Un. |
| Aditivo Polifuncional | 100,80 | g | 100,80 | g |
| Aditivo Retardador (Recover) | 0,00 | g | 0,00 | g |
| Água | 6,786 | Kg | 5,811 | Kg |
| Areia Artificial | 16,231 | Kg | 16,556 | Kg |
| Areia de Rio | 16,231 | Kg | 16,880 | Kg |
| Brita nº 0 | 30,793 | Kg | 30,793 | Kg |
| CPB 40 (01/01/2015) | 10,50 | Kg | 10,50 | Kg |

Na Tabela 2.6, tem-se o concreto moldado com o CPV ARI, com o mesmo conceito dos Traços 01, 04 e 05.

Tabela 2.6 – Traço de Concreto moldado com CPV ARI.

| TRAÇO 06 – CPV ARI | | | | |
|------------------------------|--------------|------------------------------|------------------------|------------|
| Fck: 30 MPa | | Vol de Concreto: 35 L | | |
| Descrição | Qtde. | Un. | Qtde. Corrigida | Un. |
| Aditivo Polifuncional | 100,80 | g | 100,80 | g |
| Aditivo Retardador (Recover) | 0,00 | g | 0,00 | g |
| Água | 6,786 | Kg | 5,811 | Kg |
| Areia Artificial | 16,231 | Kg | 16,556 | Kg |
| Areia de Rio | 16,231 | Kg | 16,880 | Kg |

| | | | | |
|---------------------|--------|----|--------|----|
| Brita nº 0 | 30,793 | Kg | 30,793 | Kg |
| CPB 40 (01/01/2015) | 10,50 | Kg | 10,50 | Kg |

Ensaaios de Abatimento (Slump Test)

O teste de abatimento será realizado de acordo a NBR NM 67, com enchimento do molde tronco cônico, com os pés posicionados sobre as suas aletas, para mantê-lo estável, enchendo o molde rapidamente em três camadas, cada uma com aproximadamente um terço da altura do molde, sendo que para cada camada, distribuídos 25 golpes uniformemente, com a haste cilíndrica. Após esse processo será retirado o molde, e medido o abatimento do concreto.

Ensaaios de Resistência à Compressão

As moldagens dos corpos de provas foram executados de acordo com a NBR 5738/2003, com o enchimento dos moldes em duas camadas, sendo o adensamento feito de forma manual com haste cilíndrica, distribuídos uniformemente com 12 golpes para cada camada, número de golpes estabelecido pelas dimensões dos corpos de prova de Ø 10 X 20 cm.

Após as moldagens, foram colocados os moldes em uma superfície horizontal rígida, livre de vibrações. Durante as primeiras 24 horas, sendo todos os corpos de provas livres de intempéries. Passadas 24 horas, os corpos de prova foram desformados e colocados em um tanque de cura conforme a NBR 5738/2003, com temperatura (23 ± 2) °C.

Para a determinação das resistências obtidas nos ensaios, utiliza-se a relação demonstrada abaixo:

Sendo:

$$\sigma = \frac{Tf * 1000}{\pi r^2} * 9,81 \quad (2.1)$$

Onde:

σ = Resistência de Compressão (MPa)

Tf = Tonelada Força (Kgf)

r = Raio do Corpo de Prova (mm)

Para os ensaios de rupturas a resistência à compressão dos corpos provas, será utilizada uma prensa do tipo manual, com última calibração da máquina inferior a 12 meses, sendo equipada com dois pratos de apoio de aço (um articulado), que atuam nas faces do corpo de prova. Sendo assim, foram rompidos 72 corpos de provas, 12 para cada traço, ao longo dos 28 dias com intervalos regulamentados, seguindo as orientações da NBR 5739 /2007.

Determinação do Tempo de Início e Fim de Pega

Para fim comparativo, foram realizados os testes de determinação do tempo de início e fim de pega nos cimentos CPB 40 (Fabricação: 16/10/14; 05/12/14; 01/01/15), CPV ARI e CPII F 40, sob iguais condições de temperatura e umidade.

O teste do tempo de pega será realizado em ambiente de (20 ± 2) °C com aparelho de Vicat, como pede a norma NM 65. Foram preparadas argamassas com consistência padrão através da argamassadeira mecânica, moldadas em um molde de tronco-cônico de forma que não deixasse vazios. Após 30 minutos, será colocada a pasta no aparelho de Vicat deixando uma agulha específica para início de pega descer da superfície da pasta, lendo a indicação depois de 30 segundos. Repetindo a operação de 10 em 10 minutos até se obter uma distância de 3 a 5 mm do fundo da base. Para o teste de fim de pega substitui-se a agulha pela apropriada, reduzindo o intervalo dos testes para cinco em cinco minutos, até atingir 0,5 mm que caracteriza o fim de pega. Mostrado na Figura 2.1, aparelho usado para o teste:



Figura 2.1 - Aparelho de Vicat, agulhas de Vicat, espátula metálica, molde de tronco cônico, placa de vidro.

Realização da Nova Concretagem

Será executada uma nova concretagem na residência, dividida em duas etapas em ambientes separados, após ser efetuada a análise dos resultados obtidos da realização de todos os testes citados anteriormente. Para a aplicação do concreto, será utilizado o cimento branco com a data de fabricação mais recente disponibilizada pela cimenteira, o CPB 40 (Fabricação: 01/01/2015), que teoricamente tende a ter melhores propriedades comparadas aos lotes com idade superior.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados que são mostrados a seguir de acordo com os parâmetros especificados por norma:

- Os ensaios de consistência pelo abatimento foram realizados conforme a NM 67/1998;
- Os procedimentos de moldagens e cura de corpos de prova foram realizados conforme a NBR 5738/2015;
- Os ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos foram realizados conforme a NBR 5739/2007;
- Os ensaios para Determinação da pasta de consistência normal conforme a NM 43/2003;
- Os ensaios para determinação do tempo de pega do Cimento Portland foram realizados conforme a NM 65/2003;

Ensaio com a utilização da Betoneira

Após a separação, dosagem do material e preparação dos seis traços de concretos rodados na betoneira, segue abaixo seus respectivos resultados sobre as consistências e resistências.

Ensaio de Abatimento (Slump Test)

Foram realizados os ensaios de abatimento de todos os traços rodados de trinta em trinta minutos no período de uma hora, onde foi definida a perda de abatimento de cada um dos traços, mostrados abaixo na Tabela 3.1:

Tabela 3.1 – *Slump Test* em um período de uma hora.

| TESTE DE ABATIMENTO | | | | | | |
|----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Tempo (h) | Slump (cm) Traço 01 | Slump (cm) Traço 02 | Slump (cm) Traço 03 | Slump (cm) Traço 04 | Slump (cm) Traço 05 | Slump (cm) Traço 06 |

| | | | | | | |
|----------|------|------|------|-----|------|------|
| 00:00:00 | 17,0 | 17,0 | 13,0 | 9,0 | 13,0 | 16,0 |
| 00:30:00 | 7,0 | 8,5 | 6,0 | 2,5 | 7,0 | 7,5 |
| 01:00:00 | 2,9 | 2,5 | 2,0 | 0,5 | 4,0 | 3,0 |

Observou-se que os cimentos se comportaram de forma diferente. Sendo que os concretos de cimentos brancos apresentaram uma trabalhabilidade abaixo do esperado, quando se comparados aos constituídos de cimentos cinzas. Os cimentos brancos mostraram que quanto maior a idade de fabricação, pior a sua trabalhabilidade, sendo 2,0 cm o *Slump* do mais novo e 0,5 cm de *Slump* para o mais antigo, depois de uma hora misturando na betoneira.

No Traço 02, visto na Tabela 3.1, com o acréscimo de aditivo retardador de pega (*Recover*) no CPB 40 (01/01/15), obteve-se um *Slump* alto devido ao uso desse aditivo, e ao final de uma hora conseguiu-se um aumento de 0,5 cm no *Slump* (Em relação ao Traço 01 – mesmos componentes exceto esse aditivo), mas mesmo assim não foi possível se aproximar da trabalhabilidade dos cimentos cinzas. No Traço 03, mesmo com a tentativa de reduzir o consumo de cimento a fim de se obter uma consistência mais prolongada, o concreto mostrou um comportamento desfavorável novamente, como mostra a Figura 3.1:



Figura 3.1 – Teste de Abatimento do concreto com o CPB 40 (Traço 03).

Os concretos produzidos com os cimentos cinzas também apresentaram um *Slump* menor do que foi calculado para um caminhão betoneira, isso se deve por conta do volume utilizado para realização dos traços ser menor do que 1/3 da capacidade total da betoneira, o que ocasionou em um aumento da superfície de contato entre os concretos e a betoneira, tendo assim uma perda de água mais rápida. Mas para efeito de

comparação, o experimento foi válido e relevante pelo motivo de todos os concretos estarem sujeitos às mesmas condições.

Após os testes realizados, foi observado que para os diferentes traços do Concreto Branco, não se conseguiu o aumento significativo da trabalhabilidade. O CPB 40 (01/01/15) não estava adequado para ser dosado novamente na concreteira, devido aos testes de abatimento do concreto com o CPB 40 terem sido negativos. Demonstrando assim, que por conta de sua idade prolongada, esses concretos compostos com o CPB 40 devem ser aplicados logo após sua mistura.

Ensaio de Resistência à Compressão

Logo após a realização dos ensaios de abatimento dos concretos, os corpos de prova de cada traço foram moldados para complemento da análise, através dos resultados de compressão. Logo Após as 24 horas da moldagem, todos os corpos de prova dos traços, foram submersos a um tanque de água para garantir a hidratação total do cimento através da cura.

Os corpos de prova foram produzidos para cada traço para romper duas unidades em cinco dias pré-definidos: 1, 4, 7, 14 e 28 dias. Em sequência, respeitaram-se as datas de rompimento para cada traço e os resultados obtidos na prensa hidráulica, foram anotados e transformados para comparação. A Figura 3.2 mostra um corpo de prova na prensa rompido.



Figura 3.2 – Corpo de prova rompido na prensa hidráulica.

Todos os resultados do ensaio de resistência estão descritos na Tabela 3.2:

Tabela 3.2 – Resultados da Compressão dos traços 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

| Dias | RESULTADOS DOS TRAÇOS (MPa) | | | | | |
|------|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Traço 01 | Traço 02 | Traço 03 | Traço 04 | Traço 05 | Traço 06 |
| 1 | 19,9 | 19,4 | 15,6 | 21,2 | 27,7 | 26,7 |
| | 22,7 | 21,2 | 17,4 | 19,3 | 24,2 | 29,1 |
| 4 | 28,5 | 30,7 | 26,0 | 29,0 | 38,6 | 38,3 |
| | 31,2 | 31,5 | 26,7 | 33,2 | 40,9 | 39,7 |
| 7 | 35,5 | 40,1 | 28,5 | 35,6 | 44,3 | 44,0 |
| | 38,6 | 41,0 | 33,2 | 38,4 | 43,0 | 44,2 |
| 14 | 39,7 | 45,2 | 36,9 | 37,8 | 44,4 | 46,5 |
| | 37,9 | 43,8 | 36,3 | 40,3 | 48,7 | 47,4 |
| 28 | 44 | 48,2 | 35,9 | 43,2 | 53,8 | 46,7 |
| | 47,8 | 51,7 | 39,6 | 46,9 | 52,2 | 48,7 |

Após a análise dos resultados obtidos nos ensaios de compressão, foi possível observar que a resistência de todos os concretos, manteve uma margem bastante aceitável e satisfatória, sendo que todas as amostras obtiveram como resultados dos ensaios de resistência à compressão, valores superiores que a resistência para o qual o concreto foi desenvolvido. A Figura 3.3 abaixo mostra o ganho de resistência de cada traço ao longo dos 28 dias:

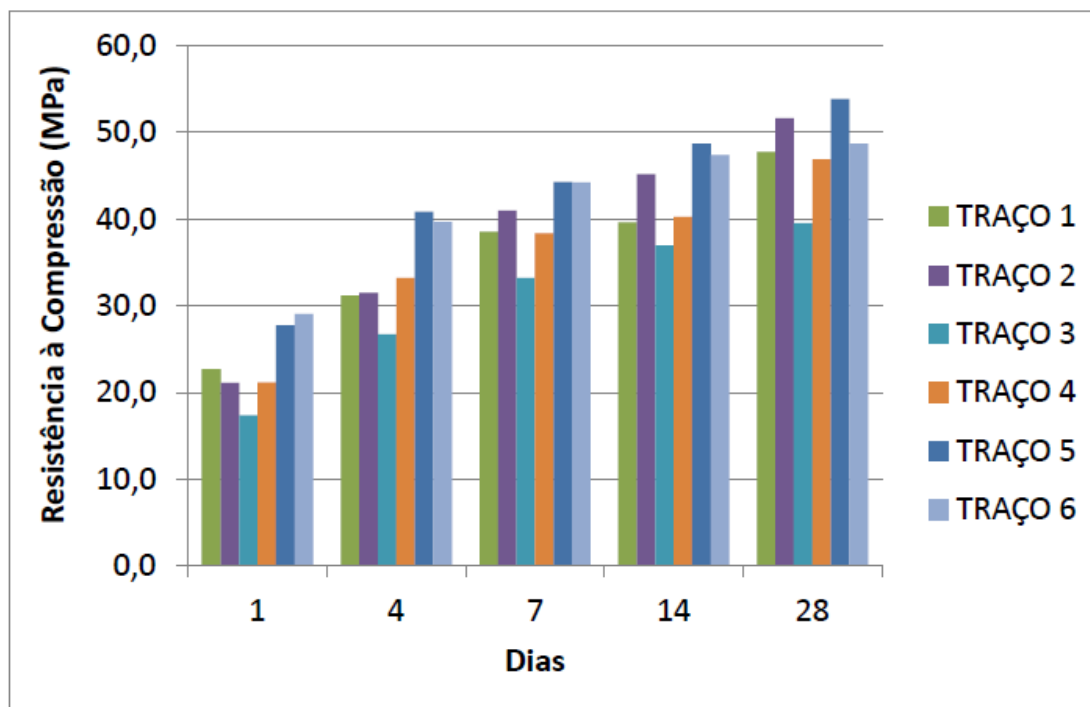


Figura 3.3 - Teste de compressão dos traços 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Apesar dos resultados obtidos, serem satisfatórios, a resistência dos concretos moldados com os CPB 40, apresentou uma menor resistência à compressão quando

comparado aos cinzas. Como citado anteriormente, nas referências bibliográficas, para uma mesma relação de água/cimento entre o CPB e demais concretos produzidos com cimento cinza, em condições ideais, o concreto com o CPB (traço 1) tem uma resistência mecânica maior, ou seja, a resistência do Concreto Branco deveria ter sido maior que os concretos feitos com o CPV ARI (traço 5) e o CII F 40 (traço 6), mas nada impede de aplicar esse concreto na obra por conta de uma pequena perda relativa de resistência à compressão, onde comparando os traços 1, 5 e 6 nota-se os resultados (em Mpa) de 19,9 – 27,7 – 26,7 no 1º dia, 28,5 – 38,6 – 38,3 no 4º dia, 35,5 – 44,3 – 44 no 7º dia, 39,7 – 44,4 – 46,5 no 14º dia e 44 – 53,8 – 46,7 no 28º dia .

Determinação do Tempo de Início e Fim de Pega

Para determinação do tempo de pega, foi dosado cada cimento com sua quantidade de água necessária para atender às exigências para pasta de consistência normal, onde as condições de temperatura e umidade foram iguais a todos.

Para uma melhor comparação, a determinação do início e fim de pega dos cinco cimentos estudados, está descrito na Tabela 3.3 abaixo:

Tabela 3.3 - Teste de início e fim de pega.

| TESTE DE INÍCIO E FIM DE PEGA (APARELHO DE VICAT) | | | | | |
|--|----------------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Cimento | Mistura | Início de Pega | Fim de Pega | Início de Pega em Minutos | Fim de Pega em Minutos |
| CPB 40 (16/10/14) | 12h54 | 13h36 | 13h51 | 42 min. | 57 min. |
| CPB 40 (16/10/14) | 20h27 | 21h18 | 21h09 | 51 min. | 42 min. |
| CPB 40 (16/10/14) | 19h03 | 19h59 | 20h09 | 56 min. | 66 min. |
| CPV ARI | 11h46 | 12h58 | 13h18 | 72 min. | 92 min. |
| CII F 40 | 18h37 | 20h58 | 20h24 | 141 min. | 107 min. |

Os resultados mostraram que todas as pastas de cimento que utilizaram o CPB 40, tiveram o seu início e fim de pega mais rápido do que os outros cimentos cinzas, comprovando assim o que já se esperava. No entanto o tempo de pega para os cimentos brancos utilizados foram muito inferiores quando comparado com o CPV ARI, e a princípio, os testes deveriam ficar relativamente próximos por conta das características semelhantes que os cimentos possuem (PASSUELO, 2004).

Identificou-se também que para a pasta de cimento, quanto mais antiga a fabricação do cimento, menor o seu tempo de início de pega. De acordo com o que foi observado, é possível que, se o experimento fosse realizado com um cimento mais

recente, poderia ficar com os dados mais próximos aos cimentos cinzas estudados. Isso porque o estudo foi realizado com cimentos de 10 a 13 meses atrás, condições essas que não são recomendados pela Associação Brasileira de Cimentos Portland (ABCP), já que a mesma estipula um prazo máximo de utilização de 03 meses de validade para o cimento após sua fabricação.

Realização da Nova Concretagem

De acordo com os experimentos realizados no CPB 40 (Fabricação: 01/01/15), comparando-o com os outros cimentos, concluiu-se que para a realização da segunda concretagem na obra do Lago Sul/DF, não poderia dosá-lo na concreteira de Ceilândia/DF, pois aconteceria novamente a mesma situação indesejada ocorrida na primeira concretagem. A diferença encontrada do 1º Lote de CPB 40 (Fabricação: 05/12/14) para o 2º Lote de CPB 40 (Fabricação: 01/01/15), foi muito pequena, já que os resultados encontrados mostram que a baixa trabalhabilidade em um intervalo de tempo pequeno e o início de pega acelerados, são presentes em ambos os lotes.

O que ficou definido pelos técnicos responsáveis pela obra e pela concreteira, foi que o 2º Lote de CPB 40 (Fabricação: 01/01/15), deveria ser dosado na própria obra, ganhando assim mais de 70 minutos para aplicação do Concreto Branco, tempo esse que foi ganho por conta do CPB 40 não vir reagindo durante o transporte do caminhão betoneira saindo da Ceilândia até chegar ao Lago Sul. O caminhão saiu da usina dosado com: areia de rio, areia artificial, brita nº 0, aditivo polifuncional e metade da água. O restante da água seria dosado na obra por um caminhão pipa que foi alugado, já o cimento seria colocado no caminhão com o auxílio de uma empilhadeira. Como é mostrado nas Figuras 9 e 10 abaixo:

Após as dosagens do CPB 40 (Fabricação: 01/01/15), a segunda e terceira concretagem, referentes à 1ª e 2ª Etapa (Pav. Superior e Pav. Térreo), foi um sucesso. O concreto não teve problemas de perda de consistência ou endurecimento rápido, pois assim que foi dosado, aguardou-se um tempo de 10 minutos de mistura no caminhão betoneira, e sua aplicação ocorreu logo em seguida. Figura 3.4 mostra o piso acabado:



Figura 3.4 – Resultado do Concreto Branco Polido.

CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados obtidos nos ensaios de compressão dos traços de concreto, foi possível observar que a resistência de todos os cimentos, manteve uma margem bastante aceitável para aplicação, bem próximas dos cimentos cinzas.

Entretanto a idade do CPB 40 de um período superior á 90 dias, para os quesitos de consistência e reatividade sofreram influências negativas, pois a perda de trabalhabilidade e início e fim de pega do concreto em um curto intervalo de tempo, foram indiscutíveis. Sendo assim, não tiveram o bom desempenho que os cimentos cinzas conseguiram.

Portanto, o CPB 40 (Fabricação: 01/01/15) não poderia ser dosado novamente na concreteira, e sim na própria obra, ganhando assim uma hora a mais de tempo para trabalhar com o Concreto Branco. O que foi testado e realmente deu certo, a resistência e estética do piso ficaram muito boas.

O momento mais ideal para se dosar um CPB é variável, pois depende da data de sua fabricação, o que acreditamos é que o cimento sendo novo ele consiga atender as exigências necessárias para aplicação do concreto. Mas mesmo para a aplicação deste tipo de concreto com CPB dentro dos parâmetros da ABCP, recomendasse fazer os testes no aparelho de Vicat, para noção de tempo de aplicação, pois é um cimento que tem alto calor de hidratação e não tendo o devido cuidado, pode levar a grandes prejuízos por ser um material ainda de difícil avaliação.

Através das placas testes de escolha da tonalidade do Concreto Branco Polido, foi possível observar que a quantidade de passagem de “facas” da máquina alisadora de

concreto e piso, deve ser duas vezes, pois quando se começa a passar a partir de três vezes, o concreto começa a queimar ficando com a tonalidade cinza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia Básico de Utilização do Cimento Portland**. São Paulo: ABCP, BT-106, 2002, 28 f.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655/2015**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738/2015**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739/2007**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212/2012**: Execução de concreto dosado em central – Procedimento. Rio de Janeiro. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 43/2003**: Cimento Portland – Determinação da pasta de consistência normal. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 65/2003**: Cimento Portland - Determinação do tempo de pega. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67/1998**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

BENSTED, J. Thaumasite – background and nature in deterioration of cements, mortars and concretes. **Cement and Concrete Composites**. V. 21, p. 117-121, 1999.

GOBBO, L. A.; CINCOTTO, M. A.; QUARCIONI, V. A. Comparison between wet chemical analysis and Rietveld method quantification in white cement samples. In: CONGRESSO DE QUÍMICA DO CIMENTO, 12. 2007, Montreal. **Anais...** 1 CD-ROM.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto. Estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo. IBRACON, 2008.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. São Paulo. PINI. 1997.

PASSUELO, Alexandra. **Análise dos parâmetros influentes na cromaticidade e no comportamento mecânico de concretos a base de cimento.** Porto Alegre, 2004. Dissertação (Curso de Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Recebido em 15 de março de 2016.

Aprovado em 05 de maio de 2016.